

“不断创造物质”的学说必须批判

——兼评唐孝威同志的“基本粒子演化假说和河外星系红移解释”一文

何 祚 庠

(中国科学院原子能研究所)

多年来, F. Hoyle 一直在鼓吹唯心主义“不断创造物质”的学说。从四十年代起, Hoyle 就抛出一个所谓恒稳态宇宙学, 鼓吹物质可以从虚无中产生, 并计算出宇宙中物质产生的速率是每年在象圣保罗教堂一样大的体积内产生一个原子^[1]。他时而鼓吹不同天体上的粒子如电子的静质量可以不同^[2], 时而鼓吹各种相互作用常数会随时间而变化, 从而就导致电子静质量随时间而变化^[3]。总之, 在 Hoyle 看来, 物质是既可以创造又可以消灭的, 为社会实践所充分证明的质量守恒定律、能量守恒定律是可有可无的。多年来, Hoyle 所鼓吹的这种披上科学外衣的“科学”一直也没有得到科学界的承认。相反, 这些荒谬的学说却经常遭到坚持唯物主义的自然科学家和哲学家的批判, 指出这种学说的基本目的是为神学效劳^[4]。可是, 这样一种科学上是荒诞的, 哲学上是唯心主义的学说竟然在我国也得到了响应。例如, 近年来唐孝威同志援引 Hoyle 所提出的粒子静质量会不断增长的学说, 写了一篇论文, 用来解释天文学中宇宙红移的现象^[5]。这使我们感到在自然科学战线上必须加强对于唯心主义学说的批判。这里提出来和唐孝威同志商讨。

—

首先考察这一问题的科学方面。

唐孝威同志的论文中一个基本假定是认为电子静质量会以下列形式

$$m = m_0 e^{-gt} \quad (1)$$

而变化。其中 m_0 是电子现在的静质量, m 是电子过去的静质量, t 是由现在算起向过去引伸的时间, g 是演化常数, 其具体大小可根据天文学中宇宙红移量的大小而定为

$$g = 5 \times 10^{-11}/\text{年} \quad (2)$$

唐孝威同志声称, 基本粒子静质量随时间变化并不违反现在已知的基本物理定律。他还认为, 根据现有实验事实, 只要电子静质量的演化速率小于 $10^{-8}/\text{年}$, 在目前实验所达到的精确度范围内并不能认为不可能具有上述速率的变化。但是, 科学事实是否确实如唐孝威同志上述论断的那样? 这就很值得讨论和研究。

唐孝威同志提出的这一理论是在基本粒子静质量会演化的思想指导下提出的。做为一种可能的机制却是引证 Hoyle 的论文^[3]。唐孝威同志认为, “从物理理论来说, 基本粒子静质量随时间变化是可以容许的, 并不违反现在已知的基本物理定律。因为基本粒子的静质量和相

互作用常数有关,相互作用常数的缓慢变化就可以引起基本粒子的静质量的变化。近年来, Hoyle 等提出过一种引力场理论,认为电子质量可能随环境而变化。”但是,唐孝威同志提出的具体假说和所做理论计算都是只假定电子静质量会变化,其它粒子的静质量却并不变化,这当然是一个古怪的假说。因为如果事实上确实由于相互作用常数的改变而改变了电子静质量,那末这种效应为什么只影响到电子而不涉及其它粒子!这显然是要回答的一个问题。不过,对于这类比较复杂的理论问题,亦即理论上是否自洽的问题,我们暂且不去讨论。正如毛主席在《实践论》中教导我们:“真理的标准只能是社会的实践。”我们将首先从实践的角度来考察一下,即现代的科学实验究竟给这一理论有多大支持?首先请看以下几个实验。

在门捷列夫周期律上,有一种名叫铼(Re)的化学元素。这种化学元素在地壳中有两种同位素形态, Re^{185} 和 Re^{187} 。前者是已知稳定的同位素,在地壳中约占全部 Re 含量的 37%,后者却是不稳定的 β^- 放射的同位素,但半寿命长达 4×10^{10} 年*。由于地球上地壳的年龄才约是 4×10^9 年,因而这一放射性同位素在地壳上仍有较大的含量,即约占了全部 Re 含量的 63%。我们知道,目前实验测出的电子静质量是 510 keV,如果电子静质量确实存在着如式(1)和(2)的变化,即可算出在 40 亿年前电子的静质量是 418 keV,即比目前静质量少 92 keV。由于目前实验上测到的 Re^{187} 的 β^- 电子的最大能量是 2.6 keV,如果在 40 亿年前电子静质量要比现在小 92 keV,那末由质量-能量守恒定律可知 40 亿年前 Re^{187} 的 β^- 电子的最大能量 $\Delta = 92.0 + 2.6 = 94.6$ keV,由 β 衰变的理论^[6],可知 Re^{187} 一类同位素的半寿命将至少有

$$\tau \propto \Delta^{-2.835**}, \quad (3)$$

因此,在 40 亿年前的 Re^{187} 的寿命将是

$$\tau < 6.6 \times 10^{10} \times \left(\frac{2.60}{94.6}\right)^{2.835} = 2.8 \times 10^6 \text{ 年}. \quad (4)$$

即至少要比目前已知地壳年龄小了 1,400 倍以上!这意味着在目前的地壳上将找不到这种同位素或只有极微小的含量!显然,所谓电子静质量如式(1)和(2)而自动增长的理论同 Re^{187} 同位素丰度测定的实验完全相冲突!

目前地质学上测定地壳中化石年龄有两种基本的办法,一种是铀-铅法,另一种是钾-氩法。前者是利用 U^{238} 的 α 衰变或自发裂变,其 α 衰减常数约是 1.54×10^{-10} /年;后者利用 K^{40} 的原子核在俘获一个 K 层电子后要转化为 Ar^{40} 的现象,其衰减常数是 0.58×10^{-10} /年。这两种方法曾经用来测定陨石的样品,结果表明它们有很好的符合^[7]。但如果电子的静质量要“演化”,这两者的变化就将有很大的不同。对于 U^{238} ,由于它是经由 α 放射和自发裂变而衰减的,因而电子质量的变化将不致显著地影响 U^{238} 衰减的速率。但对 K^{40} 来说,在 K 层电子俘获后释放出的中微子能量才约是 50 keV,如果在 40 亿年前电子的质量减少了 92 keV,那末由于质量-能量守恒的原因, K^{40} 原子核的 K 俘获的现象不但不能实现,反而会由 Ar^{40} 反过来衰变成 K^{40} !这就意味着目前用测量地层中钾-氩含量来测定地层的办法将完全垮台!

1964 年, Fleisher 和 Price 曾经利用由 U^{238} 裂变径迹所测定的化石年龄和由 K^{40} , Rb^{87} 的衰变所测定的化石年龄进行过广泛的比较^[8]。如果要求由这些不同方法所测定的矿石年龄能对许多不同年代的矿石(其范围是 10^7 — 2×10^9 年)彼此符合,那末就可定出 U^{238} 的自发裂变

* 这一数据是由地质学上测定的,实验上直接测定的数据是 $\tau < (6.6 \pm 1.3) \times 10^{10}$ 年,但实验上测定的仅限于 β^- 电子跃迁到连续态的情形,不包含跃迁到束缚态的情形^[6]。

** 这里只计算了最主要项,例如由于电子静质量的改变,相应的原子时间单位也将有小变化,但对寿命改变很小,下面式(7)中也略去类似项。此外,由于电子质量的改变,将导致原子结合能有所改变,但这种改变对 τ 的影响很小。

衰减常数是

$$\lambda_f = (6.9 \pm 0.2) \times 10^{-17}/\text{年}. \quad (5)$$

而由 Robert 等人用由云母制成的固体径迹探测器直接测量 U^{238} 自发裂变衰减常数的精确值是^[9]

$$\lambda_f = (7.06 \pm 0.11) \times 10^{-17}/\text{年}. \quad (6)$$

由式(5)和(6)可见这两者在精确度 3% 范围内彼此很好符合. 按照 K 层电子俘获的理论, K 层电子俘获衰减常数 λ_c 和中微子能量的平方成正比, 即有

$$\lambda_c \propto E^2. \quad (7)$$

如果式(5), (6)和(7)是正确的, 那末在 40 亿年内由于电子静质量改变而导致中微子能量的改变, ΔE 将至多是

$$\Delta E = \frac{1}{2} E \frac{\Delta \lambda_c}{\lambda_c} = \frac{1}{2} \times 50 \times 0.03 = 0.75 \text{ keV}. \quad (8)$$

亦即意味着 40 亿年前的电子静质量将至多只能改变 0.75 keV 才能和实验不矛盾. 由此可估计出

$$\frac{\delta m_e}{m_e} \leq 1.5 \times 10^{-3} / 4 \times 10^9 \text{ 年} = 4 \times 10^{-13}/\text{年}^*. \quad (9)$$

这远远小于唐孝威同志所说实验所给出电子演化速度小于 10^{-9} /年的界限, 也比唐孝威同志的理论数 5×10^{-11} /年约小 120 倍!

此外, 如果电子静质量确要不断增长, 还将引起一系列原则问题. 按照量子力学, 原子或分子半径和电子质量成反比, 这意味着 40 亿年前的所有的化学物质其原子分子半径将比现在大 20%! 这将使各化学元素的物理和化学性能发生巨大的变化, 将导致生物学和地质学上的现象会显著改观. 由于作者不是这方面的工作者, 不能一一讨论. 但由以上所举两方面的实验已可以看出, 所谓电子静质量会以如式(1)和(2)的演化速率而变化, 完全和现有科学实验相尖锐冲突.

至于 Hoyle 等人宣称的相互作用常数会随时间而变化的假说**, 已早有许多人根据一系列的科学事实指出目前尚无实验上可观察到的改变. 例如, 关于重力常数要随时间而变化的理论, 就有 Pochoda, Schwarzschild 和 Gamow 等人进行了批驳^[10]. Gamow 指出, Teller 曾在 1948 年做过一个计算^[11], 表明如果重力常数随着时间增长而成反比例地减小, 那末太阳的亮度将随着时间 t' 而衰减. 此外, 如果重力常数随时间而减小, 那末地球绕太阳的轨道半径将随着时间而加大. 把这两个因素联系起来, 可估计出在 5×10^8 年前地球的温度将要超过 100°C , 大海都要沸腾, 在此以前整个大洋将不存在, 地球上都是过热的蒸汽. 这样, 地球上将有一个海洋沸腾的时期, 生物体的生命将不能存在. 但是, Schopf, Banghoorm 等古生物学家却用放射性方法测出细菌和藻类的残骸已存在了约有 3.1×10^9 年^[12]! Pochoda 等人更计算出如果重力常数随时间衰减, 那末太阳如在 2×10^9 年前还在燃烧, 到现在即行耗尽它的氢的能量, 并转变成为一个红巨星^[10]. 所有这些结果都和观察事实不符, 因为太阳仍在缓慢而稳定地

* 如果考虑到电子静质量随时间的改变, 这一数字将略有改变, 但不影响数量级.

** 除 Hoyle 外, 更早是狄拉克提出重力相互作用和时间 t 成反比而变化, 见 Dirac, P. A. M., *Nature*, **139** (1937). 323; *Proc. Roy. Soc. (London)*, **A165**(1938), 198.

释放出它的能量*。

Gamow 本人为了补救上述重力常数要随时间改变的理论的缺陷,还提出了一个电荷 e 或精细结构常数 α 会随时间而增大的假说^[13]。但这一假说提出后不久,就立即有 Dyson^[6,7,14] 等人写了一系列的科学论文进行了批驳。其中有些论文指出红移量较大的远天体上精细结构常数并没有改变,或没有可观察到的改变。有些论文指出如果电荷 e 改变,将由于原子核中库仑能的增加而导致放射性同位素衰变常数的大改变**。总的来说,根据这些实验,可给出

$$\left| \frac{\delta e}{e} \right| \leq 2.33 \times 10^{-4} / 2 \times 10^9 \text{ 年}. \quad (10)$$

因此,直到目前为止,实验上也是没有任何根据可以认为这些相互作用常数有可观察到的改变。

综上所述,不论是 Hoyle 等人所说相互作用常数随时间而改变的“规律”,还是唐孝威同志所说电子质量以式(1)和(2)而改变的“规律”,都是不仅缺乏实验根据,并且和实验事实相矛盾。所有这些只不过是头脑里想象出来的“事实”。

二

但是,电子质量自动增长假说所蕴含的问题还不仅在于缺乏足够的科学根据,问题还在于这一学说粗暴地破坏了质量和能量守恒定律。这二者是辩证唯物主义的两个重要定律——物质不灭定律和运动不灭定律的自然科学基础。对于质量守恒定律和能量守恒定律,恩格斯曾给与极高的评价。恩格斯认为能量守恒和转化定律是“用物理学的方法补充证明了笛卡儿的原理:世界上存在着的运动的量是不变的。”恩格斯还认为由于能量守恒和转化定律的发现,因而“自然界中整个运动的统一,现在已经不再是哲学的论断,而是自然科学的事实了。”恩格斯在有些著作中更直截了当地把能量守恒定律称为“伟大的运动基本规律”。恩格斯说:“如果说,新发现的、伟大的运动基本规律,十年前还仅仅概括为能量守恒定律,仅仅概括为运动不生不灭这种表述,就是说,仅仅从量的方面概括它,那末,这种狭隘的、消极的表述日益被那种关于能的转化的积极的表述所代替,在这里过程的质的内容第一次获得了自己的权利,对世外造物主的最后记忆也消除了。”因此,哲学上的物质不灭定律、运动不灭定律是必然要和质量、能量守恒定律相紧密联系起来。前者是后者在哲学上的概括,后者是前者的科学的基础。反之,抛弃质量守恒,抛弃能量守恒,就必然要支持唯心主义,反对辩证唯物主义。

初看起来,唐孝威同志提出电子质量自动增长假说有一个哲学上的根据,即认为“宇宙中一切事物都处于不断的运动和变化之中”。的确,从辩证唯物主义看来,“整个自然界,从最小的东西到最大的东西,从沙粒到太阳,从原生生物到人,都处于永恒的产生和消灭中,处于不断的流动中,处于无休止的运动和变化中。”列宁曾指出,“而空洞的教授哲学所描述的任何其他的‘不变性’、任何其他的‘实质’、任何‘绝对的实体’,在马克思和恩格斯看来,都是不存在的。”事实上,基本粒子就处于无休止的运动和变化中,处于不断的产生和消灭中。基本粒子的一些看来是‘不变’的属性也确实会随环境条件的不同而变化(例如中子的寿命在自由状态和在束

* 有些文献指出(如 Horrison, E. R., Phys. Today, 25 (1967), 12, 30.) 目前实验上还不能完全排除 $G\alpha t^{-n}$, 当 $n = 0.2$ 的情形(但 Hoyle 所主张的 $n = 1$, 是可以排除的), 但这里要涉及所谓马赫原理等一系列问题, 这都是一些没有充分根据的, 并带有相当人为的性质的一些理论。

** 这些实验即本文所引的一些实验。

缚状态可以有显著的不同,甚至是稳定的)。但是,辩证唯物主义还绝对地无条件地承认自然界是无限的,而且它无限地存在着,承认物质和运动的不可创造和不可消灭。如列宁所指出,“正是绝对地无条件地承认自然界存在于人的意识和感觉之外这一点,才把辩证唯物主义同相对主义的不可知论和唯心主义区别开来。”显然,断言基本粒子的某些属性或物质的某些属性要变化,决不能由此导向承认物质或运动的产生和消灭,更不能把头脑中设想出来的没有具体分析具体物质转化条件的那种变化当着真实的东西。否认这一点,就是否认辩证唯物主义,就将通向相对主义。

马克思主义认为,人类对于自然规律的认识不会停留在一个水平上。自然科学中的定理、定律,包括质量、能量守恒定律在内,也是要不断发展的。事实上,质量守恒定律和能量守恒定律的适用范围就在一天天扩大,从力学、热学一直扩展到电学、光学甚至是基本粒子,……。质量守恒定律和能量守恒定律在科学内容上也在不断丰富和发展。例如,狭义相对论就在一定程度上发展了牛顿力学范围内的静止质量守恒定律和能量守恒定律。但是狭义相对论并不是简单地废除了静止质量守恒定律,而是根据新的实践经验并充分考虑到原有实践经验及其理论概括,进一步以新的质量概念(例如,质量要随物体的运动速度而变化)来代替牛顿力学下的质量概念,以新的质量守恒定律来代替原有的静止质量守恒定律,把原有的静止条件下的静止质量守恒定律概括成为它的特殊情形,从而以新的科学内容证实了辩证唯物主义。其原因是由于这些基本定律都是在广泛范围内由生产实践和科学实验所精密证明了的。唯物主义的理论只能在这些科学事实的基础上随着实践的发展而不断发展,但决不可能抛弃或废除。可是唐孝威同志的做法是,把现有质量守恒定律、能量守恒定律及其实验基础完全撇开不管,随心所欲地并孤立地只根据一个实验事实(即宇宙红移*)而“大胆地假设”电子静质量要自动增长。

当然,唐孝威同志还是承认有质量守恒定律和能量守恒定律的。这一点和 Hoyle 是有区别的。就在这同一论文里^[5],唐孝威同志曾经正确地写道:“根据质量能量守恒定律,基本粒子的静质量决不会凭空增大或减小;静质量的变化必须由其他运动形式的物质转化而来。”他还认为:“这种转化的具体机制,有待于进一步研究。”但遗憾的是,所有这些论述只是一个空洞的声明,很难看出将怎样实现这个声明。更未看到唐孝威同志如何根据这一声明进一步和 Hoyle 学说划清界限。相反,在整篇文章中唐孝威同志未引证任何一篇其它有价值的科学论文,而只是孤零零地引用 Hoyle 的论文来做为可能的根据。显然,仅有一个抽象的承认并不能改变唐孝威同志提出的所谓电子质量自动增长的“规律”在科学上因袭 Hoyle 学说的实质。

其实,唐孝威同志所提出的电子质量自动增长的假说,其哲学上的倾向性是很明显的。唐孝威同志提出这一假说所援引的“根据”是 Hoyle 在 1971 年所写的一篇《关于质量的本性》的论文^[5]。这一论文不过是 Hoyle 多年来所鼓吹的一贯思想,即认为“物质可以从无到有”,质量、能量守恒定律可以任意破坏的观点的继续。1950 年, Hoyle 在他所写的《宇宙的本性》一书中曾荒谬地宣称,“新的物质经常地被创造,所以弥散的物质有不变的密度,……如果人们问起,被创造的物质从哪里出来?那么,它应该回答:它不从什么地方出来。物质就是简单地出现了,它被创造了。在某一时刻各种组成物质的原子并不存在,而是在某一时刻之后它们才存在。”^[12]多年来,虽然 Hoyle 一直在反复地宣扬和坚持这个观点,但大多数自然科学家却始终拒绝承认这一学说。1971 年, Hoyle 就又将这一思想改换成为粒子质量可以随时间自动增长的

* 实际上,这一实验事实并不是很确定的,有些人认为红移和距离成正比,有些人认为和距离的平方成正比。这两种不同实验“事实”会导致不同的假说。

形式,即有

$$m = \text{常数} \cdot t^2. \quad (11)$$

并用这一算式来解释宇宙红移现象。唐孝威同志就又进一步把 Hoyle 论文中质量随时间的平方而增长的“规律”“唯象”地(按:即没有原因地*)改换成电子静质量按指数增长的形式!那末这一假说究竟是为那一种世界观提供“科学”根据,这不是很明显的事情吗?特别是在这一假想“规律”中,如果时间 t 向前延伸到无限大的过去,那末由式(1)和(2)就立刻可以算出电子的质量是零,如果时间 t 向后延伸到无限远的未来,那末电子的静质量就成为无穷大!这岂不正是所谓“物质从无到有”过程的一个相当形象化的表述!应该说, Hoyle 等人所宣扬的“创造物质”的思想是完全荒谬的。其荒谬性正如列宁在《唯物主义和经验批判主义》一书中所痛斥过的“物质消灭了”的荒谬论断完全一样。认为物质可以不断创造,其结果必然走向脱离物质世界来说明物质世界,最后就要求助于“超物质”的“上帝”以及“绝对精神”之类。

唐孝威同志因袭 Hoyle 学说的可能目的之一是为了反对“宇宙大爆炸”学说。对于西方正在流行的大爆炸学说,其科学根据确有待审查的地方。一些哲学上的唯心主义者借此宣扬宇宙在空间上有限、时间上有开端等唯心主义观点,并为神学提供“科学”论据就更应加以批判。但是,对“宇宙大爆炸”的批判决不能借助于 Hoyle 的“物质从无到有”的学说。Hoyle 确是反对“大爆炸”学说的。Hoyle 曾经写道,“在较古老的理论中宇宙的一切实物应该在一瞬间出现,而且创造的过程是巨大的爆炸形式,从我来看来(按:指 Hoyle),我认为这种思想比起不断创造的思想更古怪。”^[1] Hoyle 的一位合作者 Burbidge 甚至还写道,“人们能够忍受世界有一个创造的开端,而不能忍受在他们的身边有不断的创造”,“我认为这基本上是由于宗教。”^[2]可是,难道只是“大爆炸”学说才替宗教提供论据吗?如果说,“宇宙大爆炸”在哲学上荒谬之处是在于在创造世界的那一天,人们把“板机”交给了“上帝的手指上”。那末,所谓物质不断创造论或它的变种——粒子质量自动增长论,就又把上帝的权威拉回我们的身边。正如恩格斯所指出:“没有造物主的行动,我们无论如何不能从虚无得到某种东西,即使这个东西小得象数学上的微分一样。”

在哲学史上各种唯心主义者的相互争吵决不是罕见的现象。中国哲学史上有一个相当著名的“鹅湖之会”。1175年,南宋的客观唯心主义者朱熹和主观唯心主义者陆九渊在江西信州鹅湖寺就认识论问题进行了连续几天的辩论。双方相持不下。陆九渊从唯心论的角度批评朱熹的“即物穷理”的学说“给物牵了去”,说朱熹的说法太“支离”,“言来言去,转加糊涂。”朱熹却批评陆九渊的“心学”“太简”,并指责说“陆九渊的学说是胸中包含了許多禅学。”针对这一点陆九渊也就回答说,“不象有人实际上也是改头换面地因袭禅宗的学说但在表面上却隐晦它的来源。”^[3]这样双方都在相互批判中而揭发了彼此学说中和禅学(佛教中的一种)相通的实质。

列宁曾指出:“当一个唯心主义者批判另一个唯心主义者的唯心主义基础时,常常是有益于唯物主义的。”对于“宇宙大爆炸”和“不断创造物质”这两种唯心论之间的相互批判也同样有利于发展唯物主义的宇宙论。可是这种相互批判决不会使一个成为唯心主义者,另一个是唯物主义者。但唯物主义者从它们的相互批判中却可以发现,原来这两种学说都是从属于神学的奴仆。自然科学并不是上层建筑,自然规律也是不分阶级的。但切不可忘记,正如恩格斯所指出:“不管自然科学家采取什么样的态度,他们还是得受哲学的支配。问题只在于:他们是

* 唯象规律是指从实验总结出来的规律,但唐孝威同志所提出的定量唯象假说并不是从实验中来。

愿意受某种坏的时髦哲学的支配, 还是愿意受一种建立在通晓思维的历史和成就的基础上的理论思维的支配。”我们在学习和引进西方的自然科学理论学说和观点时, 除了要考察一下它们是否和现有科学实践相符合以外, 决不能不调查研究一下, 这些理论、学说、观点究竟在哪一种时髦哲学的支配之下。

附记 在作者写完初稿以后, 见到方励之同志的一个未发表的初稿。在这一稿件中指出如果电子质量自动增长, 那末超精细结构将有两倍红移。这和天文学观察资料不符(张肇西同志也指出了这一点)。此外, 还列举了一系列天文观察资料表明已倾向于排除电子静质量或核子静质量自动增长的假说。这和本文所获得的结论完全一致。

参 考 文 献

- [1] Hoyle, F., *Mon. Not. Roy. Astrn. Sci.*, **108** (1948), 372; Hoyle, F., *The Nature of the Universe*, Oxford, 1950.
- [2] Hoyle, F., Narlikar, J. V., 转引自 Burbidge, G., *Phys. Today*, **25** (1972), 2, 17.
- [3] Hoyle, F., Narlikar, J. V., *Nature*, **233** (1971), 41.
- [4] Hollitscher, W., *Die Natur im Weltbild der Wissenschaft*.
- [5] 唐孝威, 复旦大学学报, 自然科学版, 1973, 3, 65.
- [6] Dyson, F. J., *Phys. Rev. Letters*, **19** (1967), 1291; Konopinski, E. J., *Rev. Mod. Phys.*, **15** (1943), 209, [见该文式 (24c)].
- [7] Chitre, S. M., Pal, Y., *Phys. Rev. Letters*, **20** (1968), 278; Gold, R., *Phys. Rev. Letters*, **20** (1968), 219.
- [8] Fleischer, R. L., Price, P. B., *Phys. Rev.*, **133B** (1964), 63.
- [9] Robert, J. H., Gold, R., Armani, R. J., 转引自文献 [7] 中 Gold, R. 的论文.
- [10] Pochoda, P., Schwarzschild, M., *Astrophys. J.*, **139** (1967), 587; Gamow, G., *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S.*, **57** (1967), 187; Gamow, G., *Phys. Rev. Letters*, **19** (1967), 759.
- [11] Teller, E., *Phys. Rev.*, **73** (1948), 801.
- [12] Schopf, J. W., Banghoorn, E. S., *Science*, **156** (1967), 503.
- [13] Gamow, G., *Phys. Rev. Letters*, **19** (1967), 913.
- [14] Peres, A., *Phys. Rev. Letters*, **19** (1967), 1293; Baheall, J. N., Schmidt, M., *Phys. Rev. Letters*, **19** (1967), 1294.
- [15] 朱熹, 《朱子语类》, 卷124; 黄宗羲, 《宋元学案》, 卷58, 象山学案; 并参看潘富恩、甌群, 《中国古代两种认识论的斗争》, 上海人民出版社, 52—53.